

*Untersuchungen über die Festigkeit von Stahlblechen, welche in dem Eisenwerke des Herrn Franz Mayr in Leoben für Dampfkessel erzeugt werden.*

Von Adam Ritter v. Burg.

In dem Vortrage, welchen ich in der feierlichen Sitzung der kaiserl. Akademie der Wissenschaften im Jahre 1856 „Über den Einfluss des Maschinenwesens auf unsere socialen Verhältnisse“ zu halten die Ehre hatte, wies ich ganz besonders auf den wohlthätigen und wichtigen Einfluss hin, welchen die Fortschritte der Chemie, Physik und Mechanik der Neuzeit auf die Vervollkommnung der Gewerbe und Industrie, so wie dadurch auf den Wohlstand und die Annehmlichkeit in der menschlichen Gesellschaft ausgeübt haben. So hatte man, um für den vorliegenden Fall nur ein Beispiel herauszuheben, in Folge der grossartigen Fortschritte, welche im Eisenhüttenwesen stattfanden, schon vor längerer Zeit angefangen, in der Baukunst anstatt der hölzernen, gusseiserne und schmiedeiserne Träger, Sparren, Säulen u. s. w. zu verwenden; im Schiffbau, namentlich bei Dampfschiffen das Holz durch Winkeleisen und Platten aus Eisenblech zu ersetzen, die Eisenbahnwägen von aussen mit Eisenblech zu verkleiden u. s. w. fort.

So wie aber in der neuesten Zeit die Gussstahlfabrication auf einen ausserordentlichen Grad der Vollkommenheit gebracht wurde, bemächtigte sich auch sogleich die gesammte Industrie dieser grossartigen Fortschritte, und es wurden mit dem ausgezeichnetsten Erfolge sofort viele Maschinenbestandtheile, wie Locomotiv-Axen, Radwellen, Kurbeln u. s. w. anstatt wie früher aus Schmiedeisen, aus Gussstahl hergestellt. Aber nicht blos solche schwere, massive Gegenstände (wozu auch Glocken, Kanonen u. s. w. zu rechnen sind), sondern auch dünne Bleche und Platten wurden

zuletzt für verschiedene industrielle Zwecke aus Gussstahl verfertigt und es konnte daher nicht fehlen, dass man sich die Frage stellte, ob es nicht angezeigt und vortheilhaft wäre, auch Dampfkessel anstatt wie bisher aus Eisen- sofort aus Stahlblechen herzustellen?

Es war in der Pariser allgemeinen Industrie-Ausstellung im Jahre 1855, wo ich den ersten Dampfkessel aus Gussstahlblech, welcher von Jackson frères aus Rive de Gier ausgestellt worden, zu sehen bekam; allein obschon die vorzügliche Arbeit und Reinheit dieses 1 Meter im Durchmesser haltenden und 5 Meter langen cylindrischen Kessels, wobei die Bleche 8 Millimeter dick waren, allgemein bewundert wurde, so wusste man dennoch über die Vorzüge und Brauchbarkeit desselben damals nichts weiteres, als dass er einer Probe von  $15\frac{1}{2}$  Atmosphären Druck vollkommen gut widerstanden habe, wofür ein gleich grosser Kessel aus Eisenblech 13 Millimeter starke Wände hätte haben müssen, und dass derselbe kein grösseres Gewicht als von 1000 Kilogrammen besass.

Es scheint, dass man sich erst seit dieser Zeit ernstlicher mit den Versuchen zur gefahrlosen Benützung von Dampfkesseln aus Stahlblechen beschäftigte, und da das Stahlblech nahezu die doppelte absolute Festigkeit des Eisenbleches besitzt, daher ein Dampfkessel von einem bestimmten Durchmesser für dieselbe Dampfspannung nur halb so dicke Bleche erfordert, dieser daher auch nur das halbe Gewicht erhält: so mussten die grossen Vortheile, welche aus der Anwendung der Stahlbleche nicht blos für die Kessel, sondern selbst auch für die Körper und Schalen der Dampfschiffe, welche dadurch einen seichterem Gang erhalten, sehr bald in die Augen springen.

Es konnte daher nicht fehlen, dass man auch in England diesem Gegenstande die gebührende Aufmerksamkeit zuwandte, und in der That ist das ganz neuerlich von Howell in Sheffield erfundene sogenannte homogene Patent-Eisen (*homogeneous metal*) im Grunde (wie schon Herr J. Malmedie ganz richtig bemerkt) nichts anderes als eine Gattung von Gussstahl, wie derselbe schon längst in Deutschland erzeugt wird. Da sich bekanntlich in Hinsicht auf die chemische Zusammensetzung zwischen Roheisen, Stahl und Schmiedeeisen noch keine scharfen Grenzen ziehen lassen; so kann sich wohl das geheimnissvolle Dunkel, womit die Erfinder dieses neue Materiale zu umgeben suchen, nur auf den grösseren

oder geringeren Gehalt von Kohlenstoff beziehen, welcher in diese Verbindung gebracht wird <sup>1)</sup>).

- 1) Bekanntlich ist der Stahl ein kohlenstoffhaltiges Eisen, mehr oder weniger noch mit Silicium, Aluminium, Stickstoff u. s. w. vermengt, dessen Kohlenstoff als wichtigster Bestandtheil von 0.625 (nach Gay-Lussac, in dem besten englischen Gussstahl aus schwedischem Eisen) bis zu 1.9 Procent (nach Karsten als dem Maximum) wechselt, und wenn man auch der Meinung des Dr. Johann v. Fuchs beipflichten kann, dass sich nach der Verschiedenheit im Kohlenstoffgehalt allein noch keineswegs die Abweichung in den Eigenschaften der verschiedenen Eisensorten erklären lässt, indem gewiss die Krystallisation dabei einen wesentlichen Factor bildet; so kann doch als erwiesen angenommen werden, dass der Härtegrad und die Tenacität des Stahls wesentlich durch den grösseren oder geringeren Gehalt von Kohlenstoff bedingt wird.

Nach Prof. Fuchs' Ansicht ist das Eisen ein dimorpher Körper, welcher in zweierlei, nach den Gesetzen der Symmetrie nicht verträglichen, oder generisch verschiedene Formen erscheinen kann, und zwar im tesserale und rhomboëdrischen (bezüglich hexagonalen) Krystallsystem.

Nach dieser Ansicht gibt es zwei Specien oder Arten des Eisens, das tesserale und das rhomboëdrische, wozu sich auch oft Gemenge von beiden gesellen. Prof. Fuchs ist nun überzeugt, dass das geschmiedete Eisen (Stabeisen) tesserale krystallinisch, das Roheisen aber höchst wahrscheinlich dem rhomboëdrischen Systeme angehört.

Bekannt und merkwürdig ist ohnehin auch der Unterschied in der Schmelzbarkeit beider Eisenarten; während das rhomboëdrische Eisen bei einem gewissen Hitzeegrad vollkommen flüssig wird, geht das tesserale nur in einen sehr weichen Zustand über, in welchem es schweisbar und amorph ist. Diesem verschiedenen Verhalten entspricht offenbar der von Wöhler aufgestellte allgemeine Satz, dass jeder dimorphe Körper zweierlei Schmelzpunkte besitzt.

Nach der obigen Bemerkung, in Beziehung auf den so sehr verschiedenen Kohlenstoffgehalt, ist daher der Stahl kein bestimmtes oder constantes Product aus Eisen und Kohlenstoff, indem sich derselbe bald dem Stabeisen, bald dem Roheisen mehr nähert, ohne dass uns die chemischen Analysen einen genügenden Aufschluss über die gegenseitige Beziehung geben; noch weniger können wir uns daraus den Vorgang beim Härten und Anlassen des Stahls erklären.

Dalton war geneigt anzunehmen, dass die Eigenschaften, welche Stahl vom Eisen unterscheiden, mehr einer besonderen Krystallisation oder Lagerung der Eisensatome als einer Verbindung mit Kohle oder anderen Substanzen zuzuschreiben sind.

Fuchs, welcher diese übrigens geistreiche Ansicht nicht ganz befriedigend findet, betrachtet den Stahl als eine Legirung von tesserale und rhomboëdrischen Eisen, und meint, dass die auffallend verschiedenen Eigenschaften beim gehärteten und ungehärteten Stahl ihren Grund in einer alternirenden Umgestaltung der einen Art in die andere habe, so dass im ersteren das rhomboëdrische und im letzteren das tesserale Eisen überwiegend sei; im möglichst stark gehärteten Stahl wäre das tesserale Eisen so sehr zurückgedrängt, dass es dem Spiegeleisen nahe kommt, welches bekanntlich (wie ja auch der gehärtete gegen den ungehärteten Stahl) ein geringeres specifisches Gewicht hat, als das tesserale Eisen.

Herr Pepys, Gasdirector in Cöln, bespricht dieses homogene Patenteisen in einem Aufsätze, welchen er in der Zeitschrift: „Der Berggeist“ (Nr. 14, 6. April 1858) bekannt machte, in folgender Weise:

„Wir hatten kürzlich Gelegenheit ein neues Product der Eisenindustrie, das sogenannte homogene Patenteisen (*homogeneous metal*), kennen zu lernen, welches uns wohl einen kurzen Bericht werth scheint, da es als Maschinenbau-Material noch eine grosse Zukunft hat. Das homogene Patenteisen wird auf den Hartford Steelworks zu Sheffield, welche den Herren Shortridge, Howell und Jessop gehören, nach Howell's Patent fabricirt.“

„Das Rohmaterial zu diesem Erzeugnisse ist bestes Holzkohlen-Stubbeisen, welches in Stücke zerschnitten mit einem Zuschlage, der an das Eisen in der Schmelzhitze Kohlenstoff abgibt, beschickt, in gewöhnlichen Gussstahliegeln geschmolzen wird. Das Product ist eine neue Art von Gussstahl mit geringem Kohlengehalt. Um schwerere Stücke aus diesem homogenen Patenteisen anfertigen zu können, müssen eine grössere Anzahl von Tiegeln gleichzeitig beschickt und der Hitze ausgesetzt werden. Ihr Gehalt wird dann zu einem gemeinschaftlichen Gusse verwendet, wobei darauf zu achten ist, dass dem Gussstücke ununterbrochen geschmolzenes Metall zufliesst. Das erhaltene Gussstück wird alsdann unter kräftigen Walzen gereckt und endlich auf Blechwalzwerken zu Tafeln von beliebiger Stärke verwalzt. Das homogene Patenteisen ist weicher als Stahl, härter als Schmiedeeisen, schweisst sehr leicht und besitzt eine ausserordentliche Festigkeit. Ein kleiner Kessel von 3 Fuss Länge und  $2\frac{1}{2}$  Fuss Durchmesser, welcher aus Patenteisenblech von nur  $\frac{1}{8}$  Zoll Stärke construirt war, wurde mit einem Wasserdruck von 360 Pfd. auf den Quadratzoll probirt und hielt denselben vollständig aus, hatte sich jedoch gedehnt und sein Durchmesser war um  $\frac{1}{4}$  Zoll grösser geworden. Ein 5 Fuss langes Rohr aus  $\frac{1}{8}$  zölligem Bleche von 16 Zoll Durchmesser wurde von aussen einem starken hydraulischen Druck ausgesetzt, und erst bei einer Pressung von 220 Pfd. auf den

---

Beim Anlassen tritt nach dieser Ansicht das tesserale im Verhältniss der steigenden Hitze immer mehr und mehr hervor, wodurch die verschiedenen Härtegrade nebst der gewünschten Elasticität erreicht werden. Diese beiden Eisenarten sind sonach im Stahl gleichsam in beständiger gegenseitiger Spannung.

Quadratzoll flach gedrückt, während dieses mit einem eisernen Rohr von gleichen Dimensionen schon bei einer Belastung von 150 Pfd. geschah. Eine  $\frac{5}{8}$ zöllige Platte aus homogenem Patenteisen zerriss erst bei einer Belastung von  $53\frac{1}{8}$  Tonnen pr. Quadratzoll.

„Auf Veranlassung der Admiralität stellte man auf den Schiffswerften zu Woolwich Versuche mit verschiedenen Sorten von Kesselblechen an, um sich für ihre Anwendung in der Marine zu entscheiden. Hierbei wurde ein Kessel aus homogenem Patenteisen mit 100 Pfd. Dampfdruck pr. Quadratzoll probirt, und in Folge dieses günstigen Resultates die Dampfsloope „Malacca“ mit Kesseln aus diesem Metalle versehen. Das homogene Patenteisen fand bisher meist Verwendung zu Dampfkesseln, aber auch in grossem Massstabe zu Dampfsiederöhren, die von vorzüglicher Qualität auf dem bekannten Werke des Herrn James Russel and Sons zu Wednesbury angefertigt worden. Versuche, welche mit Siederöhren aus Patenteisen angestellt wurden zeigten, dass dieselben viel dünnere Wände haben konnten, als schmiedeiserne bei gleichem Drucke, dass sie vom Feuer weniger angegriffen wurden, weniger oxydirten, dagegen bei gleicher Siedefläche, in derselben Zeit und bei gleichem Kohlenverbrauch mehr Dampf entwickelten als diese.“

„Da die Dampfkessel, welche aus Patenteisen gefertigt sind, viel leichter sein können, als gewöhnliche eiserne, indem viel dünnere Bleche den gleichen Dampfdruck aushalten, so werden dieselben besonders gern auf Dampfschiffen angewendet und sollen dieselben hierdurch eine Ersparung an Brennmaterialen von 20 bis 25 Procent gegen gewöhnliche Kessel erreicht haben.“

„Dieses neue Material wurde ferner zur Verwendung im Schiffsbau empfohlen, indem es dem Meerwasser besser widersteht als Schmiedeeisen, ebenso zum Gebrauch für hohle Eisenbahnachsen, Treibwellen u. s. w.“

„Wir begnügen uns, unsere Leser durch obige Zeilen auf dieses neue Erzeugniss der Eisenindustrie aufmerksam zu machen, indem wir glauben, dass ihm noch eine grosse Zukunft bevorsteht, trotzdem dass 1 Centner homogenes Patenteisen noch einmal so viel kostet als gutes Schmiedeeisen.“

In der Voraussetzung nun, dass dieses Materiale, nämlich das Stahlblech, auch bei uns in Österreich für die genannten Zwecke, namentlich aber für Dampfkessel eine vortheilhafte Verwendung finden

werde, erzeugte der intelligente Eisenwerksbesitzer in Leoben, Herr Franz Mayr, schon seit einiger Zeit probeweise ganz vorzügliche Gussstahlbleche in verschiedenen Dimensionen, und da seitdem in der That auch von einigen Maschinenfabrikanten Anfragen an das hohe k. k. Handels-Ministerium ergangen sind, ob es gestattet sei, Dampfkessel aus Stahlblechen zu verfertigen, und im Bejahungsfalle, wie stark die Bleche im Vergleiche mit den Eisenblechen, welche durch ein eigenes Gesetz normirt sind, sein müssten, so gab die Verhandlung und Beantwortung dieser Frage, welche dem hiesigen k. k. polytechnischen Institute zugewiesen wurde, die nächste Veranlassung zu einer Reihe von Versuchen über die Festigkeit von Stahlblechen, deren sehr interessanten Resultate ich somit der kais. Akademie der Wissenschaften vorzulegen die Ehre habe.

Auf mein Verlangen sandte Herr Mayr zu diesen Versuchen, welche unter meiner Leitung mit der am k. k. polytechnischen Institute befindlichen Zerreißmaschine vorgenommen wurden, Stahlbleche, wie sie eben für Dampfkessel am geeignetsten erscheinen, nämlich von 2, 3 und 4 Linien Dicke, und zwar von der weichsten und zähesten Gattung, deren Härtegrad Herr Mayer mit Nr. 6 bezeichnet, wobei überall noch die Richtung, nach welcher die Platten durch die Walzen gegangen, bezeichnet war.

Aus diesen Platten oder Blechen wurden nun, und zwar im kalten Zustande, Streifen von  $8\frac{1}{2}$  Zoll Länge geschnitten, welche an beiden Enden  $1\frac{1}{4}$  Zoll, gegen die Mitte zu, wo sie am schwächsten, ungefähr  $\frac{1}{3}$  Zoll breit waren. Diese gegen beide Enden zu sich schwalbenschwanzförmig verbreitenden Streifen wurden in die Kluppen oder Backen der genannten Zerreißmaschine so eingepasst dass diese Blechstücke nach verticaler Richtung in diese eingespannt und durch allmähliches Auflegen von Gewichten auf die Wagschale, dieser auf einem 10fach übersetzten Hebel beruhenden Maschine abgerissen wurden.

Da die abzureissenden Prismen, um die Maschine nicht über ihre Grenze hinaus in Anspruch zu nehmen, keine zu grossen Querschnitte erhalten durften und jeder Fehler, welcher bei einem kleinen Querschnitt begangen wird durch die Übertragung auf einen grösseren, nämlich auf den Querschnitt von 1 Quadratzoll bedeutend zunimmt; so wurde auf das Abmessen und die Bestimmung der kleinsten Querschnitte dieser Prismen die grösste Sorgfalt verwendet.

Ich liess nämlich jede Abmessung sowohl von Herrn Starke jun. (Mitdirigent der astronomischen Werkstätte des k. k. polytechnischen Institutes) als auch von meinem Assistenten Herrn Fink, mit zwei verschiedenen Instrumenten vornehmen und ich fand bei der nachherigen Controlirung, dass sich weder an den, im Princip verschiedenen Instrumenten, noch in der Art zu messen und abzulesen, ein constanter Fehler voraussetzen liess.

Da sich aber hierbei wirkliche Differenzen ergeben haben, ohne für die Richtigkeit der einen oder anderen Messung eine grössere Wahrscheinlichkeit annehmen zu können; so schien es mir am gerathensten beide Messungen beizubehalten und die absolute Festigkeit (auf dem Querschnitt von 1 W. Quadratzoll) für jede besonders zu berechnen, weil man dadurch zugleich in der Lage ist aus beiden Resultaten überall das Mittel nehmen zu können. Diese beiden Messungen (von Fink und Starke) wurden in der nachstehenden Tabelle beziehungsweise einfach durch I und II bezeichnet.

Da bekanntlich das gewalzte Eisenblech in der Regel eine verschiedene Stärke zeigt, je nachdem es in der Richtung des Walzens oder darauf senkrecht probirt wird (und zwar liegt die grössere Festigkeit bald in der einen, bald in der andern Richtung), so wurde auch jede der eingesendeten Stahlplatten nach diesen beiden Richtungen der Probe unterzogen, d. h. es wurde ein Theil der genannten Blechstreifen oder Prismen so geschnitten, dass ihre Länge in die Richtung des Walzens, bei einem anderen Theil hingegen in die darauf senkrechte oder Querrichtung fiel. Diese beiden Richtungen sind in den nachstehenden Tabellen kurz mit „Längen-“ und „Querrichtung“ bezeichnet.

Obschon, wie die folgenden Zahlen ausweisen, die Festigkeit der Stahlbleche nach der Längenrichtung etwas grösser als nach der Querrichtung erscheint, so ist der Unterschied dennoch nicht so gross, als er bei den Eisenblechen vorkommt. Bemerkenswerth jedoch ist der Umstand, dass sich die Prismen, welche nach der ersteren Richtung abgerissen wurden, bedeutend stärker als jene streckten, welche nach der Querrichtung probirt wurden. Auch konnte man das letzte Gewicht, bei welchem der Bruch endlich erfolgte, im ersteren Falle viel länger als im letzteren auf der Wagschale der Maschine liegen lassen, weil sich bei der Längenrichtung die Anzeichen, dass der Bruch oder das Abreissen bald erfolgen

werde, viel deutlicher als bei der Querrichtung, bei welcher der Bruch meistens plötzlich erfolgte, erkennen liessen. Ich brauche übrigens nicht besonders hervorzuheben, dass auch ein kleineres Gewicht im Stande ist, das Abreissen zu bewirken, wenn man dasselbe durch eine längere Zeit auf den Zug wirken lässt; wenn nämlich z. B. ein Gewicht von 620 Pfd. nach Verlauf von 1 oder 2 Minuten das Abreissen des Prismas hervorbringt, so ist nicht zu zweifeln, dass das kleinere Gewicht von 600 Pfd., wenn man dasselbe durch mehrere Stunden oder Tage wirken lässt, ebenfalls den Bruch oder das Zerreißen endlich herbeiführt. Überhaupt muss jedes Gewicht oder jede Kraft, welche das Prisma über dessen Elasticitätsgrenze ausgedehnt hat, in kürzerer oder längerer Zeit den Bruch oder die Überwindung der Cohäsionskraft zuletzt herbeiführen. Bei der relativen Vergleichung der Festigkeit verschiedener Körper hat es natürlich nichts auf sich, wenn man mit dem Auflagegewicht gleich so weit geht, dass das Abreissen innerhalb von 1 oder 2 Minuten stattfindet, wenn dies nur überall gleichmässig beobachtet wird.

Da es bei allen Materialien, deren Festigkeit in Anspruch genommen wird, von grosser Wichtigkeit ist, jene Belastung kennen zu lernen, welche der Elasticitätsgrenze dieses Materiales entspricht, so kann ich nur bedauern, dass ich diese Grenze mittelst der mir zu Gebote stehenden Maschine nicht zu bestimmen in der Lage war, und ich kann sonach nur indirect und aus anderweitigen Versuchen dazu geführt, aus der absoluten Festigkeit des Stahlbleches selbst, auf diese innerhalb der Elasticitätsgrenze liegende äusserste Belastung einen Schluss ziehen.

Ich komme nun auf die Versuchsergebnisse selbst, welche in der folgenden Tabelle verzeichnet sind; dabei ist noch zu bemerken, dass sich die Querschnitte auf den Quadratzoll und die abreisenden Gewichte, welche gleich auf den Angriffspunkt der Prismen reducirt (also die Anhänggewichte mit 10 multiplicirt) wurden, auf Wr. Pfde. so wie die absolute Festigkeit auf den Wr. Quadratzoll beziehen.



## Versuche mit den Stahlblechen vom Härtegrad Nr. 6.

| Fort-<br>laufende<br>Nr. | Querschnitt  |            | Abreissendes<br>Gewicht<br>in<br>Pfund | absolute Festigkeit |         |              |
|--------------------------|--------------|------------|--|---------------------|---------|--------------|
|                          | Messung I    | Messung II |  | nach I              | nach II | Mittelwerthe |
|                          | Quadrat Zoll |            |  | P f u n d e         |         |              |
| Blechdicke: 2 Linien.    |              |            |  |                     |         |              |
| Längenrichtung.          |              |            |  |                     |         |              |
| 1                        | ·056         | ·0551      | 4600                                   | 82140               | 83484   | 82812        |
| 2                        | ·053         | ·0520      | 4400                                   | 83018               | 84615   | 83816        |
| 3                        | ·057         | ·0572      | 4650                                   | 81578               | 81294   | 81436        |
| Durchschnittszahl:       |              |            |  |                     |         | 82688        |
| Querriichtung.           |              |            |  |                     |         |              |
| 4                        | ·0536        | ·0520      | 4480                                   | 83350               | 86150   | 84751        |
| 5                        | ·0550        | ·0526      | 4550                                   | 82727               | 86501   | 84614        |
| 6                        | —            | ·0598      | 4790                                   | —                   | 80100   | 80100        |
| 7                        | ·0578        | ·0579      | 4740                                   | 82000               | 81865   | 81932        |
| Durchschnittszahl:       |              |            |  |                     |         | 82849        |
| Blechdicke: 3 Linien.    |              |            |  |                     |         |              |
| Längenrichtung.          |              |            |  |                     |         |              |
| 8                        | ·0811        | ·0808      | 7050                                   | 86925               | 87252   | 87088        |
| 9                        | ·0813        | ·0800      | 7340                                   | 90282               | 91750   | 91016        |
| 10                       | ·0828        | ·0812      | 7350                                   | 88768               | 90561   | 89664        |
| Durchschnittszahl:       |              |            |  |                     |         | 89256        |
| Querriichtung.           |              |            |  |                     |         |              |
| 11                       | ·0853        | ·0840      | 7450                                   | 87338               | 88690   | 88014        |
| 12                       | ·0773        | ·0750      | 6490                                   | 83958               | 86533   | 85245        |
| Durchschnittszahl:       |              |            |  |                     |         | 86629        |
| Blechdicke: 4 Linien.    |              |            |  |                     |         |              |
| Längenrichtung.          |              |            |  |                     |         |              |
| 13                       | ·1038        | ·104       | 9100                                   | 87662               | 87500   | 87581        |
| 14                       | ·1033        | ·104       | 9390                                   | 90900               | 90288   | 90594        |
| 15                       | —            | ·104       | 9300                                   | —                   | 89423   | 89423        |
| Durchschnittszahl:       |              |            |  |                     |         | 89199        |

| Fort-<br>laufende<br>Nr. | Querschnitt  |            | Abreissendes<br>Gewicht<br>in<br>Pfund | absolute Festigkeit |         |              |
|--------------------------|--|------------|--|---------------------|---------|--------------|
|                          | Messung I  | Messung II |  | nach I              | nach II | Mittelwerthe |
|                          | Quadrat Zoll   |            |  | P f u n d e         |         |              |
|                          | Querrichtung.  |            |  |                     |         |              |
| 16                       | ·1108  | ·112       | 9900                                   | 89350               | 88392   | 88871        |
| 17                       | ·1086  | ·110       | 9850                                   | 90699               | 89545   | 90122        |
| 18                       | —  | ·1091      | 9550                                   | —                   | 87534   | 87534        |
|                          |  |            |  | Durchschnittszahl:  |         | 88842        |
|                          | Die Mittelzahl aus allen Längenrichtungen ist also . . 87048 |            |  |                     |         |              |
|                          | " " " " Querrichtungen " " . . 86106                         |            |  |                     |         |              |
|                          | " " " " sämtlichen 6 Gruppen " " . . 86577                   |            |  |                     |         |              |

### A n m e r k u n g e n .

Nr. 1. Der Bruch mattgrau, sehr feinkörnig und schief gegen die Länge des Prisma. Vor dem Abreissen ein starkes Strecken und Zusammenziehen in der Nähe der Bruchfläche. Zusammengezogener Querschnitt, d. i. Querschnitt der Rissfläche  $f = 0\cdot032$  Quadrat Zoll; ist also  $F$  der ursprüngliche Querschnitt, so ist

$$F : f = 7 : 4 = 1\cdot75 : 1 = 1 : \cdot57.$$

2. Gilt nahe dasselbe, wie im vorigen Falle. Von den beiden Bruchflächen ist die eine nach der Dicke oder kleineren Dimension etwas convex, folglich die zweite daran passende concav und zackig.

$$f = \cdot030, F : f = 1\cdot8 : 1 = 1 : \cdot56.$$

3. Bruch muschelförmig, hohl und convex, feinkörnig, sehr wenig eingezogen.

$$f = \cdot048, F : f = 1\cdot2 : 1 = 1 : \cdot83.$$

4. Bruch grau und etwas zackig, ein wenig eingezogen.

$$f = \cdot035, F : f = 1\cdot5 : 1 = 1 : \cdot67.$$

5. Bruch sehr feinkörnig grau und muschelförmig.

$$f = \cdot035, F : f = 1\cdot6 : 1 = 1 : \cdot63.$$

6. Bruch sehr feinkörnig, grau, muschelförmig und der Dicke nach etwas schief gegen den Zug.

$$f = \cdot 042, F : f = 1 \cdot 4 : 1 = 1 : \cdot 71.$$

7. Bruchfläche der Dicke und Breite nach etwas schief gegen den Zug, concav und convex, mattgrau und feinkörnig.

$$f = \cdot 0385, F : f = 1 \cdot 5 : 1 = 1 : \cdot 67.$$

8. Bruchfläche sehr feinkörnig und uneben.

$$f = \cdot 05, F : f = 1 \cdot 4 : 1 = 1 : \cdot 71.$$

9. Bruch strahlenförmig gegen die eine Ecke, welche mehr grau ist und senkrecht gegen den Zug, beinahe keine Zusammenziehung.

$$f = \cdot 0726, F : f = 1 \cdot 12 : 1 = 1 : \cdot 89.$$

10. Bruchfläche sehr feinkörnig,  $\frac{1}{4}$  mattgrau,  $\frac{3}{4}$  weiss, etwas muschel- und in der weissen Partie staffelförmig; ziemlich senkrecht gegen den Zug.

$$f = \cdot 0598, F : f = 1 \cdot 4 : 1 = 1 : \cdot 71.$$

11. Bruchfläche sehr eben und fein, strahlenförmig gegen eine dunkelgraue Ecke; senkrecht gegen den Zug.

$$f = \cdot 06, F : f = 1 \cdot 4 : 1 = 1 : \cdot 71.$$

12. Bruchfläche schief, concav und convex, dabei etwas staffelförmig, grau und sehr feinkörnig; das Prisma hat sich an dieser Stelle etwas eingezogen.

$$f = \cdot 0513, F : f = 1 \cdot 5 : 1 = 1 : \cdot 67.$$

13. Bruchfläche lichtgrau, strahlenförmig gegen eine dunklere Ecke hin, das Korn weniger fein; keine bemerkbare Zusammenziehung.

$$f = \cdot 0957, F : f = 1 \cdot 08 : 1 = 1 : \cdot 93.$$

14. Das Korn der Bruchfläche weniger fein, jedoch gleichförmig. Die Bruchfläche senkrecht gegen den Zug, lichtgrau bis auf eine dunkle Ecke. Das Prisma hat sich etwas unter der Bruchfläche

am stärksten eingezogen, so dass der am meisten zusammengezogene Querschnitt

$f' = \cdot 0725$ , während  $f = \cdot 0806$  und  $F : f = 1 \cdot 28 : 1 = 1 : \cdot 78$  ist.

15. Bruchfläche lichtgrau bis auf eine dunkle Ecke, ziemlich feinkörnig und senkrecht gegen den Zug; keine Streckung des Prisma.

$$f = \cdot 081, F : f = 1 \cdot 28 : 1 = 1 : \cdot 78.$$

16. Bruchfläche etwas grobkörnig, lichtgrau bis auf eine dunkle Ecke, ein wenig uneben, jedoch senkrecht gegen den Zug.

$$f = \cdot 095, F : f = 1 \cdot 16 : 1 = 1 : \cdot 87.$$

17. Bruchfläche eben, lichtgrau und strahlenförmig, gegen eine dunklere Ecke. Das Prisma hat sich in der Nähe der Bruchfläche etwas stärker eingezogen.

$$f' = \cdot 086, f = \cdot 089, F : f = 1 \cdot 22 : 1 = 1 : \cdot 82.$$

18. Das Korn der Bruchfläche mittelfein, gleichförmig und lichtgrau; mit Ausnahme eines dunklen Fleckens an der einen Ecke. Die Bruchfläche eben und senkrecht gegen den Zug; keine Streckung des Prisma.

$$f = \cdot 0868, F : f = 1 \cdot 26 : 1 = 1 : \cdot 79.$$

Um ferner für den Fall, als durch die Nachlässigkeit des Kesselheizers ein Theil des Kessels glühend werden sollte, sicher zu sein dass dadurch (nämlich nach langsamer Abkühlung) in dem Aggregatzustande des Stahlbleches keine nachtheilige Veränderung in Beziehung auf die Festigkeit entsteht, liess ich von den vorgerichteten Prismen 6 Stück durch ungefähr 2 Stunden bis zur hellrothen Glühhitze im Holzkohlenfeuer ausglühen, und erst dann nach erfolgter langsamer Abkühlung in die Zerreißmaschine bringen.

Dieser Resultate der Festigkeitsproben sind in der folgenden Tabelle, in welcher die vorigen Bezeichnungen wieder beibehalten sind, zusammengestellt.

Versuche mit den ausgeglühten Stahlblechen vom Härtegrad  
Nr. 6.

| Fort-<br>laufende<br>Nr. | Querschnitt  |            | Abreissendes<br>Gewicht<br>in<br>Pfund | absolute Festigkeit |         |              |
|--------------------------|--|------------|--|---------------------|---------|--------------|
|                          | Messung I  | Messung II |  | nach I              | nach II | Mittelwerthe |
|                          | Quadrat Zoll                                       |            |  | P f u n d e         |         |              |
|                          | Blechdicke: 2 Linien.                              |            |  |                     |         |              |
|                          | Längenrichtung.                                    |            |  |                     |         |              |
| 19                       | ·0567  | ·0571      | 4600                                   | 81143               | 80560   | 80851        |
|                          | Querrichtung.                                      |            |  |                     |         |              |
| 20                       | ·0587  | ·058       | 4700                                   | 80040               | 81034   | 80537        |
|                          | Blechdicke: 3 Linien.                              |            |  |                     |         |              |
|                          | Längenrichtung.                                    |            |  |                     |         |              |
| 21                       | ·0831  | ·081       | 7350                                   | 88426               | 90740   | 89583        |
|                          | Querrichtung.                                      |            |  |                     |         |              |
| 22                       | ·0787  | ·077       | 6600                                   | 83820               | 85714   | 84767        |
|                          | Blechdicke: 4 Linien.                              |            |  |                     |         |              |
|                          | Längenrichtung.                                    |            |  |                     |         |              |
| 23                       | ·1181  | ·117       | 10400                                  | 88060               | 88888   | 88474        |
|                          | Querrichtung.                                      |            |  |                     |         |              |
| 24                       | ·1057  | ·105       | 8990                                   | 85003               | 85619   | 85311        |
|                          | Durchschnittszahl für die Längenrichtung . . 86300 |            |  |                     |         |              |
|                          | " " " Querrichtung . . . 83538                     |            |  |                     |         |              |
|                          | Mittelzahl aus beiden letzteren . . . . . 84919    |            |  |                     |         |              |

## A n m e r k u n g e n .

19. Die Bruchflächen mattgrau, zeigen ein sehr feines Korn, mehr zackig als eben. Das Prisma hat sich sehr stark gestreckt und eingezogen.

$$f = \cdot 0312, F:f = 2\cdot 1 : 1 = 1 : \cdot 48.$$

20. Bruch muschelförmig, sehr feines mattgraues Korn mit weissen Rändern. Das Prisma hat sich ebenfalls eingezogen.

$$f = \cdot 037, F:f = 1\cdot 59 : 1 = 1 : \cdot 63.$$

21. Bruchflächen uneben, schief gegen den Zug, mattgrau mit weissen Rändern. Das Prisma hat sich gestreckt und an der Bruchfläche eingezogen.

$$f = \cdot 0521, F:f = 1\cdot 6 : 1 = 1 : \cdot 62.$$

22. Graue Bruchflächen, senkrecht gegen den Zug. Das Prisma hat sich nicht unbedeutend eingezogen.

$$f = \cdot 0449, F:f = 7 : 4 = 1\cdot 75 : 1 = 1 : \cdot 57.$$

23. Die Bruchflächen dunkelgrau, gegen die Ränder zu etwas lichter, rau und uneben, senkrecht gegen den Zug. Das Prisma hat sich eingezogen.

$$f = \cdot 080, F:f = 1\cdot 48 : 1 = 1 : \cdot 68.$$

24. Die Bruchflächen rau und senkrecht gegen den Zug, in der Mitte ein dunkler Kern, gegen die Ränder zu lichter; etwas eingezogen.

$$f = \cdot 070, F:f = 3 : 2 = 1\cdot 5 : 1 = 1 : \cdot 67.$$

Aus diesen letzteren Versuchen folgt sonach, dass das Stahlblech durch das angedeutete Ausglühen in Beziehung auf die Festigkeit noch keine nachtheilige Veränderung erlitten, indem, wenn man die Durchschnitzahlen vergleicht, bloß eine Abnahme im Verhältniss von 100 : 98, also von ungefähr 2 Procent bemerkbar ist. Es ist übrigens wahrscheinlich, dass wenn das Ausglühen im Holzkohlenfeuer durch längere Zeit fortgesetzt würde, diese Bleche, namentlich die dünneren, noch etwas Kohlenstoff aufnehmen und dadurch mehr

den Charakter des Roheisens annehmen würden. Da die Dampfkessel beim Gebrauche mit keinen decarbonisirenden Substanzen in Berührung kommen, wodurch ausnahmsweise eine theilweise Reducirung der Stahl- in Eisenbleche zu besorgen wäre; so wurden auch keine Versuche in dieser Richtung vorgenommen. Abgesehen nun von der sehr grossen absoluten Festigkeit dieser hier in Rede stehenden Stahlbleche, welche, wie weiter unten noch näher nachgewiesen wird, im Durchschnitt doppelt so gross als jene der Eisenbleche ist, besitzt dieses Materiale auch noch alle übrigen Eigenschaften, welche es zur Anwendung von Dampfkesseln vollkommen geeignet machen. So lässt es sich im kalten Zustande beinahe um einen rechten Winkel umbiegen, bevor es auf der convexen Seite Risse bekömmt. Im dunkel rothglühenden Zustande dagegen erträgt es ohne die geringste Spur von Brüchigkeit jede Biegung, Torsion u. s. w. Auf die Lochmaschine gebracht, lässt sich dieses Blech im kalten Zustande vollkommen rein, und zwar sehr nahe gegen den Rand zu lochen, welches durchaus Beweise für die nöthige Dehnbar- und Biagsamkeit dieser Gattung Bleche sind.

Nicht so ist es mit jenen Stahlblechen, welche um einen Grad härter, nämlich mit Nr. 5 bezeichnet sind, und von denen Herr Mayr zu seiner eigenen Belehrung oder Überzeugung einige Platten mit einsendete. Ich liess auch von diesen Stahlblechen, nämlich von den 3 und 4 Linien starken, ähnliche Prismen, jedoch da das Herausheben auf kaltem Wege sehr beschwerlich war (sie mussten zuerst nach ihrem ganzen Umfange gleichsam herausgebohrt werden), von jedem nur zwei Stück zurichten, und sie der Probe unterziehen; die Resultate dieser 4 Versuche sind nachstehend ebenfalls angegeben.

Versuche mit den Stahlblechen vom Härtegrad Nr. 5.

| Fort-<br>laufende<br>Nr.  | Querschnitt           |            | Abreissendes<br>Gewicht<br>in<br>Pfund | absolute Festigkeit |         |              |
|---|-----------------------|------------|--|---------------------|---------|--------------|
|   | Messung I             | Messung II |  | nach I              | nach II | Mittelwerthe |
|   | Quadrat Zoll          |            |  | P f u n d e         |         |              |
| 25  | Blechdicke: 2 Linien. |            |  |                     |         |              |
|   | Längenrichtung.       |            |  |                     |         |              |
|   | ·0795                 | ·081       | 9100                                   | 114465              | 112345  | 113405       |
|   | Querriichtung.        |            |  |                     |         |              |
| 26  | ·0806                 | ·081       | 9050                                   | 112282              | 111728  | 112005       |
|   | Blechdicke: 3 Linien. |            |  |                     |         |              |
| 27  | Längenrichtung.       |            |  |                     |         |              |
|   | ·1048                 | ·104       | 9900                                   | 94465               | 95192   | 94828        |
|   | Querriichtung.        |            |  |                     |         |              |
|   | 28                    | ·1028      | ·103                                   | 10200               | 99221   | 99029        |
| Durchschnittszahl für die Längenrichtung . . 104116<br>" " " " Querriichtung . . . 105565<br>Mittelzahl aus den beiden letzteren . . . 104840 |                       |            |  |                     |         |              |

**A n m e r k u n g e n .**

25. Bruch sehr eben, senkrecht gegen die Zugrichtung, lichtgrau und sehr feinkörnig, etwas strahlenförmig, einen kleinen dunkeln Eckpunkt. Das Prisma hat sich nicht an der Bruchfläche selbst, sondern etwas tiefer am stärksten eingezogen.

$$f = \cdot 0638, f' = \cdot 056, F : f = 1 \cdot 25 : 1 = 1 : \cdot 8.$$

$$F : f' = 1 \cdot 42 : 1 = 1 : \cdot 7.$$

26. Die Bruchflächen wie im vorhergehenden Prisma.

$$f = \cdot 0638, F : f = 1 \cdot 26 : 1 = 1 : \cdot 79.$$



27. Die Bruchflächen, wie in den beiden vorigen Prismen, sehr wenig zusammengezogen.

$$f = \cdot 0899, F:f = 1\cdot 17 : 1 = 1 : \cdot 86.$$

28. Die Bruchflächen genau wie die vorigen. Das Prisma hat sich unterhalb der Bruchfläche stärker als an dieser eingezogen.

$$f = \cdot 087, f' = \cdot 0812, F:f = 1\cdot 18 : 1 = 1 : \cdot 85, F:f' = 1 : \cdot 79.$$

Obschon aber die Bleche von diesem Härtegrad eine im Verhältniss von 100 : 121 grössere Festigkeit als die ersteren besitzen, so eignen sie sich wegen ihrer grösseren Sprödigkeit (indem sie sich z. B. nicht kalt biegen lassen, sondern dabei abbrechen) und schwierigeren Bearbeitung im kalten Zustande doch weniger als die zuerst angeführten Bleche vom Härtegrad Nr. 6 für den angedeuteten Zweck.

Um aber endlich für diese letzteren Stahlbleche (Nr. 6) diejenige Dicke oder Stärke, welche der im bestehenden Gesetze für die Eisenbleche vorgeschriebenen Dicke äquivalent ist, auf Grundlage der hier angeführten Festigkeitsversuche zu bestimmen, ist vor Allem eine Vergleichung dieser gefundenen Zahlen mit der mittleren absoluten Festigkeit jener Eisenbleche, wie sie für Dampfkessel gewöhnlich verwendet werden, vorzunehmen, und obschon es an solchen Resultaten für die absolute Festigkeit, namentlich der englischen Eisenbleche nicht fehlt, so schien es mir dennoch nothwendig, in der ganz gleichen Richtung und mit den nämlichen Hilfsmitteln auch einige Versuche mit den Neuberger und M. Sessler'schen Kesselblechen, welche am meisten, namentlich für Locomotiv-Kessel benützt werden, vorzunehmen.

Von diesen 12 neuerdings vorgenommenen Proben sind die Resultate in der nachstehenden Tabelle zusammengestellt, wobei noch zu bemerken ist, dass die Sessler'schen Bleche durchaus zu den 6, von den Neuberger'schen dagegen die Nummern 5, 6, 9, 13 zu den 6, jene in Nr. 7, 8, 11 und 12 zu den 4 Linien dicken Blechen gerechnet werden.

Versuche mit Eisenblechen.

| Fort-<br>laufende<br>Nr.                      | Querschnitt  |            | Abreissendes<br>Gewicht<br>in<br>Pfund | absolute Festigkeit |         |              |
|---|--------------|------------|--|---------------------|---------|--------------|
|   | Messung I    | Messung II |  | nach I              | nach II | Mittelwerthe |
|   | Quadrat Zoll |            |  | P f u n d e         |         |              |
| Bleche von Sessler.                           |              |            |  |                     |         |              |
| Längenrichtung.                               |              |            |  |                     |         |              |
| 1   | ·1842        | ·184       | 7750                                   | 42073               | 42119   | 42096        |
| 2   | ·1832        | ·184       | 8150                                   | 44486               | 44293   | 44389        |
| Durchschnittszahl :                           |              |            |  |                     |         | 43242        |
| Querriechung.                                 |              |            |  |                     |         |              |
| 3   | ·1986        | ·198       | 8300                                   | 41792               | 41919   | 41855        |
| 4   | ·1704        | ·172       | 6900                                   | 40492               | 40116   | 40304        |
| Durchschnittszahl :                           |              |            |  |                     |         | 41079        |
| Mittel aus beiden :                           |              |            |  |                     |         | 42160        |
| Bleche von Neuberg.                           |              |            |  |                     |         |              |
| Längenrichtung.                               |              |            |  |                     |         |              |
| 5   | ·2155        | ·215       | 9800                                   | 45475               | 45581   | 45528        |
| 6   | ·2192        | ·220       | 9550                                   | 43567               | 43409   | 43488        |
| 7   | ·1250        | ·123       | 6100                                   | 48800               | 49593   | 49196        |
| 8   | ·1159        | ·118       | 5500                                   | 47454               | 46610   | 47032        |
| Durchschnittszahl :                           |              |            |  |                     |         | 46311        |
| Querriechung.                                 |              |            |  |                     |         |              |
| 9   | ·2156        | ·216       | 8750                                   | 40584               | 40509   | 40546        |
| 10  | ·2115        | ·212       | 8000                                   | 37825               | 37735   | 37780        |
| 11  | ·1249        | ·124       | 5250                                   | 42067               | 42338   | 42202        |
| 12  | ·1237        | ·124       | 4900                                   | 39611               | 39516   | 39563        |
| Durchschnittszahl :                           |              |            |  |                     |         | 40023        |
| Mittelzahl aus beiden . . . . .               |              |            |  |                     |         | 43167        |
| Mittlerer Werth aus allen 12 Proben . . . . . |              |            |  |                     |         | 42663        |

## A n m e r k u n g e n.

1. Die Bruchflächen sehr zackig und blätterig, lichtgrau; das Prisma an der Bruchfläche etwas eingezogen und rissig.

$$f = \cdot 1491, F : f = 1 : \cdot 89.$$

2. Die Bruchflächen ebenso wie die vorigen; eine stärkere Zusammenziehung des Prisma, es hat die Belastung durch längere Zeit getragen.

$$f = \cdot 1122, F : f = 1 : \cdot 613.$$

3. Die Bruchflächen nahe wie bei 1. Das Prisma an der Bruchfläche etwas rissig und eingezogen.

$$f = \cdot 159, F : f = 1 : \cdot 80.$$

4. Der Bruch sehr schief, uneben und zackig; das Prisma an der Bruchfläche ein wenig eingezogen und rissig.

$$f = \cdot 153, F : f = 1 : \cdot 84.$$

5. Die Bruchflächen gleichförmig dunkelgrau und zackig; das Prisma eingezogen und in der Nähe des Bruches gekräuselt.

$$f = \cdot 1313, F : f = 1 : \cdot 61.$$

6. Bruch feinblättrig mit feinem grauen Korn; stark eingezogen; Oberfläche des Prisma an der Bruchfläche gekräuselt.

$$f = \cdot 123, F : f = 1 : \cdot 559.$$

7. Bruch dunkelgrau, sehr gleichförmig und uneben, stark eingezogen.

$$f = \cdot 0697, F : f = 1 : \cdot 558.$$

8. Bruchflächen sehr schief gegen den Zug, feinblättrig, gegen die Ränder zu etwas lichter als in der Mitte, eingezogen.

$$f = \cdot 0837, F : f = 1 : \cdot 723.$$

9. Bruch schieferig und gleichförmig, nur wenig eingezogen.

$$f = \cdot 185, F : f = 1 : \cdot 858,$$

10. Bruchflächen sehr uneben, schieferig. Das Prisma an der Bruchfläche etwas eingezogen, nach der Dicke gebogen und die Oberfläche mit feinen Querrissen versehen.

$$f = \cdot 185, F : f = 1 : \cdot 874.$$

11. Bruch blätterig, sehr uneben, die eine Bruchfläche grubenartig, nur wenig eingezogen, die Oberfläche des Prisma gekräuselt.

$$f = \cdot 108, F : f = 1 : \cdot 866.$$

12. Bruch blätterig mit getrennten Durchgangsschichten, sehr wenig eingezogen.

$$f = \cdot 111, F : f = 1 : \cdot 89.$$

Aus den Zahlen der voranstehenden Tabelle lassen sich leicht mehrere interessante Folgerungen ableiten. So zeigt z. B. das Neuberger 4 Linien dicke Blech gegen das 6 Linien starke Blech eine grössere Festigkeit und zwar nach der Längenrichtung im Verhältniss von 1000 : 925, nach der Quere wie 1000 : 958, beim 4 Linien dicken Blech ist die Stärke nach der Länge, zu jener nach der Quere oder  $L : Q = 100 : 85$ .

Beim 6 Linien dicken (Neuberger) Blech ist  $L : Q = 100 : 88$ . Alle Zahlen zusammengenommen ist beim Sessler'schen Blech  $L : Q = 100 : 95$ ; beim Neuberger'schen  $L : Q = 100 : 86\cdot 4$ . Die Festigkeit von S : N = 100 : 102·4, wobei allerdings den Neuberger Blechen die 4 dünneren, 4 Linien dicken Bleche mit zu Statten kommen.

Vergleicht man nun die Durchschnittszahl aus allen mit den Stahlblechen vom Härtegrad Nr. 6 vorgenommenen Proben (=85748) mit jener der vorigen Tabelle für die Sessler'schen und Neuberger'schen Eisenbleche (=42663), so erhält man für das Verhältniss ihrer absoluten Festigkeit:

$$\text{Stahlblech : Eisenblech} = 201 : 100,$$

oder nahe genug wie 2 : 1.

Bei der Wichtigkeit des Gegenstandes dürfte es angezeigt sein, in das Bereich der Vergleichung auch noch jene zahlreichen Versuche mit einzubeziehen, welche mit englischen, französischen und rheinischen Eisenblechen vorgenommen wurden.

Nach den neuesten von William Fairbairn in England mit Eisenblechen angestellten Versuchen, welche wegen ihrer sehr grossen Anzahl zu den bedeutendsten und berücksichtigungswürdigsten gehören, zeigten die Derbyshire- und Shropshire-Bleche eine grössere Festigkeit nach der Richtung des Walzens, dagegen die Yorkshire- und Staffordshire-Bleche eine (im Durchschnitte 2 Procent) grössere Festigkeit in der Querrichtung.

Aus seiner ersten Versuchsreihe ergibt sich, auf den Wiener Quadratzoll reducirt, für die absolute Festigkeit der von ihm probirten englischen Kesselbleche die Durchschnittszahl 44385 W. Pfd.

Aus seiner zweiten Versuchsreihe (von 47 Proben) resultirt die Mittelzahl 45750 Wr. Pfd.

Bei den von Clark mit 6 Linien dicken englischen Blechen angestellten Versuchen ergab sich als Durchschnittszahl 37137 Wr. Pfd. und es war dabei die Festigkeit nach der Längenrichtung im Verhältniss von 39 : 43 oder um 10 Procent grösser als nach der Querrichtung.

Die im Maschinen-Etablissement von Goin et Comp. in Paris mit französischen Eisenblechen vorgenommenen Versuche gaben für Bleche aus Holzkohlen-Roheisen, mit Steinkohlen gepuddelt, eine mittlere Festigkeit nach der Längenrichtung (Richtung des Walzens) von 41000, und nach der Querrichtung von 40100; für Bleche aus Coks-Roheisen und ebenfalls mit Steinkohlen gepuddelt, nach der Länge von 45300 und nach der Quere 35950 Wr. Pfd.

Endlich liegen mir noch Versuche mit rheinischen Blechen vor, deren absolute Festigkeit sich nach der Länge mit 44300 und nach der Quere mit 37300 Wr. Pfd. berechnen.

Nimmt man aus allen diesen hier angeführten mit den fremden Eisenblechen vorgenommenen Festigkeitsproben die Durchschnittszahl, so erhält man dafür als absolute Festigkeit 41250 Pfd., folglich das Verhältniss zwischen dieser und der Festigkeit des hier in Rede stehenden Stahlbleches :

$$41250 : 85748 = 100 : 208,$$

so dass sich auch bei dieser Vergleichung im grossen Durchschnitte die Festigkeit des Stahlbleches vom Härtegrad Nr. 6 als doppelt so gross, als jene des Eisenbleches herausstellt.

Wie ich bereits erwähnt, ist weniger die absolute Festigkeit als die Elasticitätsgrenze für die sichere und dauernde Belastung massgebend, und die erstere ist nur deshalb wichtig, weil die letztere bei ein und demselben Materiale in der Regel ein bestimmter Bruchtheil von dieser Festigkeit ist.

Aus den vorliegenden zahlreichen Versuchen und Erfahrungen beträgt für gewalztes Eisenblech die an der Elasticitätsgrenze liegende Belastung im Durchschnitte und in runder Zahl 20000 Pfd. pr. Quadratzoll, also die absolute Festigkeit dieses Materiales ebenfalls im Durchschnitte zu 40000 und 45000 Pfd. genommen, die Hälfte bis  $\frac{4}{9}$  von dieser Festigkeit.

Nach der in Oesterreich für die Wanddicke der Dampfkessel gesetzlich bestehenden Vorschrift wird das Eisenblech im ungünstigsten Falle (bei Kesseln, in welchen die effective Dampfspannung 8 Atmosphären und darüber beträgt) mit etwas über 4000 Pfd. pr. Quadratzoll, also nahe mit  $\frac{1}{5}$  der der Elasticitätsgrenze entsprechenden Belastung in Anspruch genommen, so dass gegen diese Grenze die 5, gegen die absolute Festigkeit hingegen die 10fache Sicherheit vorhanden ist.

Schafhäutl erwähnt in seiner trefflichen Abhandlung über „Stahl“ (in Prechtl's technologischer Encyclopädie, 15. Bd.), dass er aus seinen sehr zahlreichen Versuchen die Überzeugung gewonnen habe, dass gehärtete und hierauf angelassene Stahlstäbe, ohne noch eine permanente Verlängerung zu erleiden, eine Last tragen können, welche  $\frac{2}{3}$  von jener beträgt, bei welcher die Stäbe abreißen, d. h. dass die Belastung der Elasticitätsgrenze  $\frac{2}{3}$  von der absoluten Festigkeit ausmachen, während diese beim Stabeisen nur die Hälfte betragen.

Nimmt man zur grösseren Sicherheit auch bei den hier in Rede stehenden Stahlblechen die der Elasticitätsgrenze (welche ich nicht direct bestimmen konnte) entsprechende Belastung nur wie beim Stabeisen, mit der Hälfte der absoluten Festigkeit an, so hat man bei der halben Dicke dieser Stahlbleche genau wieder, wie bisher bei den Eisenblechen (welche die doppelte Dicke haben) gegen die absolute Festigkeit die 10, und gegen die Elasticitätsgrenze die 5fache Sicherheit. Diese letztere würde sich sogar auf die 6- bis 7fache steigern, wenn nach Schafhäutl's Angabe auch hier die Elasticitätsgrenze bis zu  $\frac{2}{3}$  der absoluten Festigkeit hinausrückte.

Ich glaube schliesslich nicht erst auf die Gefahr aufmerksam machen zu dürfen, welche auch bei aus diesem Stahlblech erzeugten Dampfkesseln eintreten muss, wenn derselbe wegen Wassermangel oder Anhäufung von Schlamm, theilweise glühend würde, indem z. B. schon beim nur dunkeln Rothglühen (nach Fairbairn's Versuchen) die Festigkeit des Eisenbleches auf die Hälfte herabsinkt, eine Schwächung, die noch weiter zunimmt, wenn das Glühen heftiger wird. Nach den Versuchen von Seguin Ainé ging die absolute Festigkeit eines Eisenstabes bis auf  $\frac{1}{10}$  und  $\frac{1}{15}$  herab, als derselbe bis über die kirschrothe, schon nahe an die Weissglühhitze gebracht wurde. Bei einem Eisendrath fiel diese Festigkeit sogar bis auf  $\frac{1}{25}$ .

Mit Rücksicht auf diese Thatsachen bedarf es daher gewiss keiner künstlichen Theorien und Erklärungs-Hypothesen, wenn öfter bei ganz geringen Dampfspannungen Kesselexplosionen vorkommen.

Ist man daher, um endlich zum Schluss zu kommen, sicher, dass die aus Gussstahl erzeugten Kesselbleche von keiner geringeren Qualität und Festigkeit als die hier probirten und besprochenen sind; so kann man auch mit Beruhigung den Vorschlag unterstützen: diese Stahlbleche für Dampfkessel nur halb so dick zu verwenden, als solche im bestehenden Gesetze für Eisenbleche vorgeschrieben sind.

---